

PENGARUH VARIASI DEBIT DAN JUMLAH ELEKTRODA TERHADAP PENURUNAN COD DAN PRODUKSI LISTRIK DALAM REAKTOR MICROBIAL FUEL CELLS (MFCs)

Studi Kasus: Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga

Ian Septyana, Ganjar Samudro, Mochtar Hadiwidodo

Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

Highly concentration of the COD is characteristic of abattoir waste (RPH). One of the treatments that can be used for treating the wastewater abattoir is using anaerobic biological treatment. Some of the advantages of this treatment are higher reduction of pollutant concentration, less sludge produced and odorless. The selected anaerobic treatment is microbial fuel cells reactor using two-chamber system to reduce the concentration of COD and generate electricity. This research used a variation of the flow rate and the number of electrodes that performed for 45 days. The varied flow rate are 0.3 l/hour, 0.15 l/hour, and 0.1 l/hour. The number of electrodes that used in this research 1, 2, and 3 for each chamber. The results of research are the flow rate of 0,1 l/hour resulted the most optimum decrease in COD and flow rate 0,3 l/hour produces optimum power production. The reactor that used 3 electrodes generate of COD decrease and optimum power production.

Keyword: Microbial fuel cells, flow rate, number of electrodes, COD, power production..

Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar fosil, terutama oil dan gas, dalam beberapa tahun terakhir sudah meningkat dan menjadi pemicu krisis energi global. Bioenergi yg dapat diperbaharui dilihat sebagai salah satu jalan untuk meringankan krisis global warming. Sebuah teknologi menggunakan *microbial fuel cells* (MFCs) mengkonversi energi di rantai kimia pada senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalis dari mikroorganisme (Zhuwei, dkk, 2007).

Banyaknya permintaan daging dari masyarakat berbanding lurus dengan jumlah pemotongan hewan. Dan dengan banyaknya hewan yang potong maka akan menimbulkan masalah lain yaitu timbulnya limbah dari hasil pemotongan hewan tersebut. Limbah yang dihasilkan di rumah pemotongan hewan (RPH) harus diolah agar tidak mencemari lingkungan dan menimbulkan masalah baru. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengolah air limbah rumah potong hewan dengan menggunakan reaktor microbial fuel cells.

Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui debit dan jumlah elektroda yang optimum untuk air limbah RPH pada reaktor

MFCs dan ntuk menganalisis hubungan antara penurunan COD terhadap besar listrik yang dihasilkan dalam reaktor MFCs.

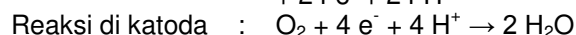
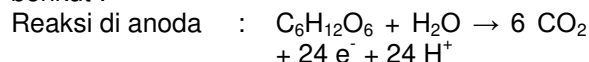
Tinjauan Pustaka

Microbial fuel cells (MFCs) adalah alat *bioelektrokimia* yang dapat mengkonversi energi kimia pada zat organik pada air limbah atau *biomass* menjadi listrik dengan katalis dari mikroorganisme.

Mikroorganisme *electrochemically* aktif yang bertanggung jawab pada oksidasi substrat dalam transfer elektron adalah komponen kunci pada MFCs, dimana itu membuat ini berbeda dari *chemical fuel cells* tradisional. (Zhang, 2012)

Pada MFCs bakteri melekat pada anoda yang mengoksidasi substrat organik dan melepas elektron dan proton. Proton pada anoda *chamber* pindah melalui membran ke katoda *chamber*, ketika elektron lepas dari bakteri ke elektroda (anoda) pada *chamber* yang sama dan kemudian melalui sirkuit ke katoda dimana mereka menyatu dengan proton dan oksigen untuk membentuk air. Pada cara ini listrik dapat diproduksi. Bahan kimia lain seperti nitrat, sulfat dan mangan dapat dijadikan akseptor proton. (Zhang, 2012). Secara teori, maksimum potensial dapat dihitung sesuai

dengan reaksi biochemical pada MFCs sebagai berikut :



Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini dibagi menjadi 2 variabel, variabel bebas yaitu variasi debit dan jumlah elektroda, sedangkan variabel terikat adalah konsentrasi COD dan produksi listrik.

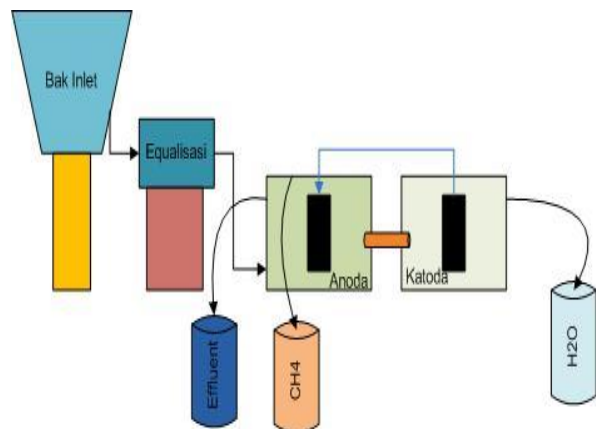
Untuk variabel bebas variasi debit adalah 0,3 l/jam, 0,15 l/jam, dan 0,1 l/jam dan variasi untuk jumlah elektroda adalah 1, 2 dan 3. Dan untuk jarak antara elektroda adalah 2 – 4 cm (Kim, 2008), dimana yang paling optimum adalah 2 cm maka yang digunakan adalah 2 cm.

Tabel 1
Variasi debit dan jumlah elektroda

No.	Variasi Debit	Variasi Jumlah Elektroda
1.	0,3	1
		2
		3
2.	0,15	1
		2
		3
3.	0,1	1
		2
		3

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Variabel terikat pada penelitian ini adalah konsentrasi COD dan produksi listrik yang dihasilkan dari proses mekanisme bakteri didalam reaktor MFCs.



Gambar 1 Skematik Reaktor *Microbial fuel cells*

Hasil dan Pembahasan

Untuk uji karakteristik limbah, sampel air limbah diambil dari RPH (Rumah Potong Hewan) kota Salatiga. Uji karakteristik ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang. Berikut adalah hasil uji karakteristik limbah RPH (Rumah Potong Hewan) kota Salatiga :

Tabel 2
Karakteristik Limbah RPH Kota Salatiga

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu*
1	COD	mg/l	236,67	200 mg/l
2	BOD	mg/l	87,64	100 mg/l
3	TSS	mg/l	62	100 mg/l
4	pH		7,32	6 – 9
5	Lemak	mg/l	3,4	15
6	Kuat Arus	mA	0	
7	Tegangan	mV	0	

*(PermenLH No 2 Tahun 2006)

A. Hasil dan Pembahasan Aklimatisasi

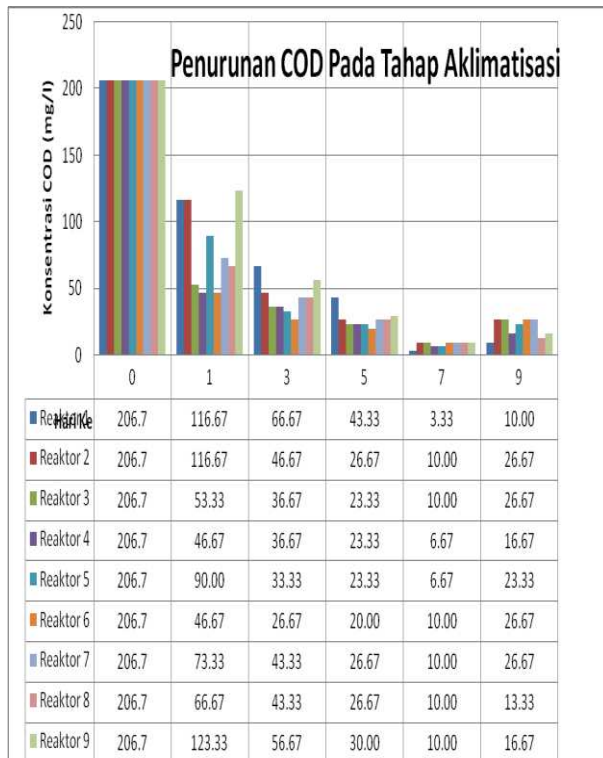
Tahap Aklimatisasi merupakan tahap pengadaptasian mikroorganisme yang terkandung dalam lingkungannya. Pada penelitian ini tahap aklimatisasi dilakukan dengan sistem *bacth*. Limbah yang digunakan adalah limbah artificial. Proses aklimatisasi dilakukan dengan menggunakan limbah buatan (*artificial*) yakni dengan menggunakan asam asetat dengan konsentrasi COD yang mendekati dari konsentrasi COD limbah RPH. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Baikun Li., et al, (2011) yang melakukan proses aklimatisasi dengan menggunakan asam asetat yang telah diatur kadar konsentrasi COD yang mendekati limbah aslinya dalam reaktor *microbial fuel cells*.

Tabel 3
Reaktor berdasarkan variasi debit dan jumlah elektroda

Nama Reaktor	Debit	Jumlah Elektroda	Sistem
1	0,3 l/jam	3	Batch
2	0,3 l/jam	2	Batch
3	0,3 l/jam	1	Batch
4	0,15 l/jam	3	Batch
5	0,15 l/jam	2	Batch
6	0,15 l/jam	1	Batch
7	0,1 l/jam	3	Batch
8	0,5 l/jam	2	Batch
9	0,1 l/jam	1	Batch

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Penurunan COD



Gambar 2 Penurunan COD pada tahap aklimatisasi

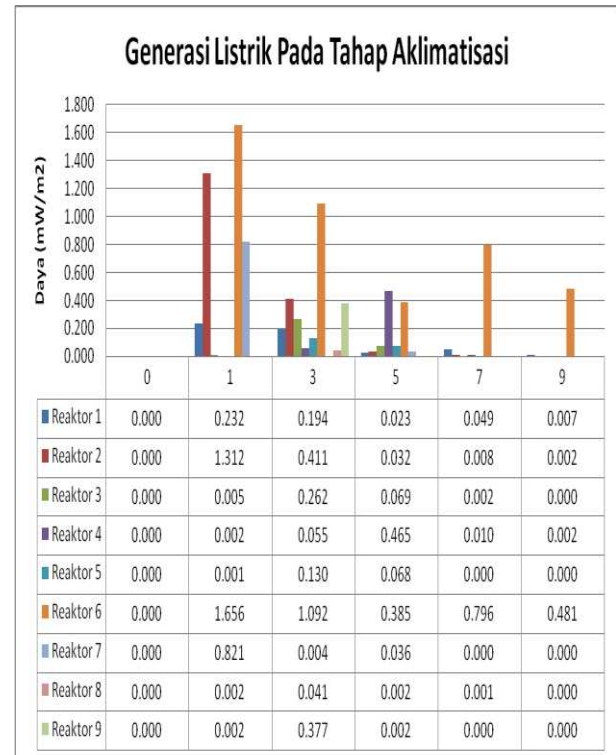
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Hasil penyisihan COD pada tahap aklimatisasi terbesar terjadi pada reaktor 1 hari ke-7 sebesar 3,33 mg/l. Reaktor ini merupakan reaktor dengan jumlah elektroda 3 dimana menurut Zhang (2012) dengan anoda yang memiliki *surface area* yang besar akan bagus untuk tempat melekatnya bakteri sehingga penurunan COD yang terjadi pun akan besar. Selain itu syarat dari anoda adalah konduktivitas yang tinggi, tidak korosif, spesifik *surface area* yang tinggi (area per volume), porositas yang tinggi, tidak mencemari, tidak mahal, dan mudah digunakan serta dapat diskala untuk ukuran besar (Logan, 2007). Penurunan COD terbesar ini terjadi pada hari ke 7, menurut Ahmad (1999) hal ini terjadi karena laju alir umpan yang rendah sehingga mikroorganisme memiliki waktu yang lebih lama untuk mendegradasi senyawa organik yang terkandung di dalam limbah cair yang diolah.

Titik akhir aklimatisasi dicapai ketika penurunan COD sudah stabil, sesuai dengan pernyataan Herald, (2010) dalam Fauzia et al.,(2012) Titik akhir proses aklimatisasi ditandai ketika penurunan COD telah menunjukkan angka

yang stabil, yakni pada kondisi penyisihan senyawa organik telah konstan dengan tingkat fluktuasi yang tidak lebih dari 10 %.

Produksi Listrik



Gambar 3 Produksi listrik pada tahap aklimatisasi

Sumber: Hasil Analisis, 2013

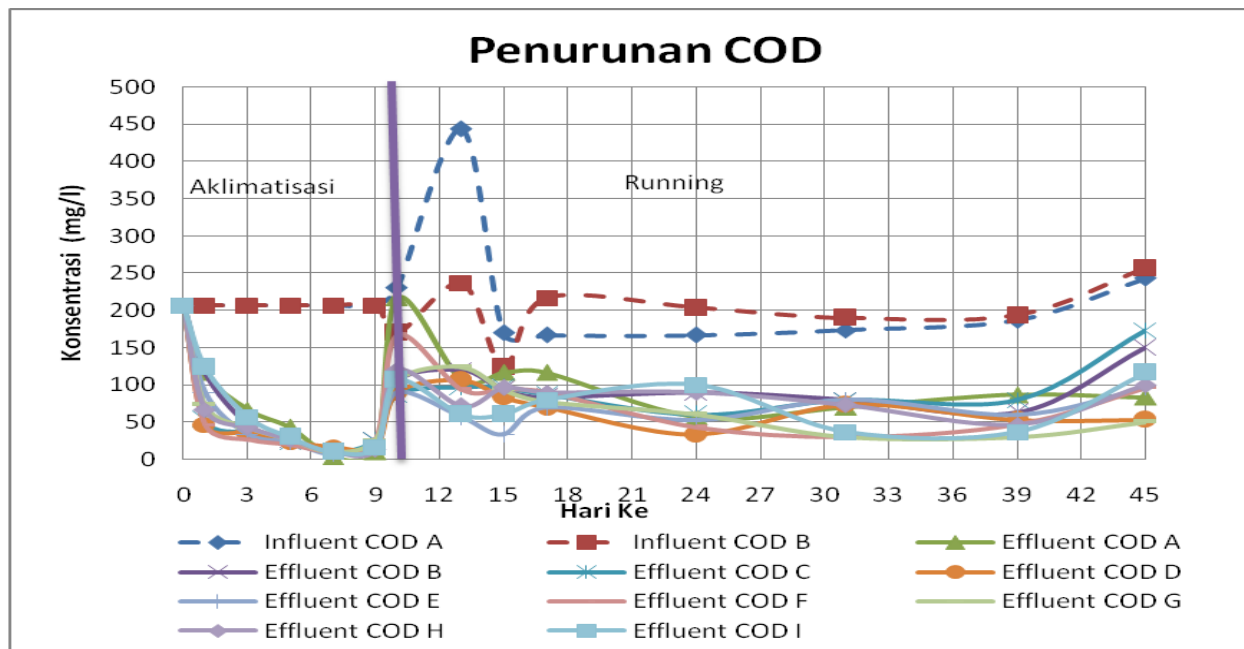
Hasil *power density* pada proses aklimatisasi terbesar terjadi pada reaktor 6 pada hari ke-1 sebesar 1,656 mW/m². Reaktor ini merupakan reaktor dengan jumlah elektroda 1. Pada tahap ini masih dalam penyesuaian oleh bakteri maka untuk produksi listrik ini tidak mendapatkan hasil yang sesuai.

B. Hasil Tahap Running

Proses *running* dilakukan selama 35 hari dan dimulai pada tanggal 7 September sampai 11 Oktober 2013. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 9 kali yaitu pada hari ke-0, 3, 5, 7, 14, 21, 28, dan 35. Pengambilan sampel pertama dilakukan pada tanggal 7 September yang merupakan hari ke-0.

Penurunan COD

Hasil penurunan COD pada tahap *running* dilihat berdasarkan efisiensi dari pengolahan yang terjadi didalam reaktor tersebut, dimana hasilnya dapat dilihat dari besarnya konsentrasi *influent* air limbah dan besarnya konsentrasi *effluent*.



Gambar 4 Penurunan COD
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Pada proses *running* limbah yang digunakan adalah limbah asli sehingga tidak dapat ditentukan konsentrasi dari *influent*. Pada hari ke-13, nilai *influent* A meningkat jauh, itu disebabkan karena sehari sebelumnya dilakukan pengisian air limbah pada bak penampung. Hal ini juga terjadi pada *influent* B pada hari ke-17 dimana terjadi kenaikan konsentrasi COD yang keluar.

Dari grafik diatas dapat dilihat hasil bahwa hasil paling baik terjadi pada reaktor 7 dengan *influent* sebesar 30,00 mg/l hal ini disebabkan karena reaktor ini menggunakan debit 0,1 l/jam. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Baikun Li (2011) dimana penurunan COD terbaik terjadi pada reaktor dengan td yang paling lama yaitu 20 jam. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Darmayanti (2002) dalam Fauzia dkk (2012) yang menyebutkan bahwa untuk perpanjangan waktu reaksi akan menghasilkan penyisihan organik yang lebih baik.

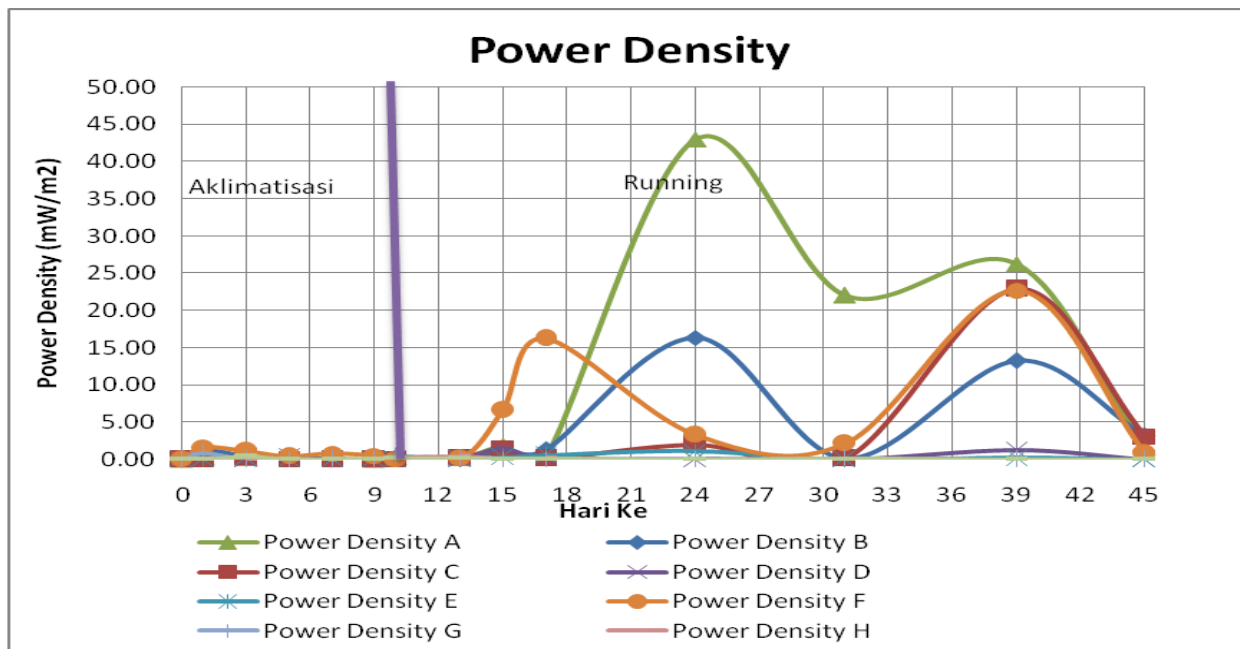
Pada tahap *running* efisiensi penyisihan COD sempat mengalami penurunan, hal ini terjadi karena adanya perbedaan sistem yang digunakan pada tahap *running* dan aklimatisasi

yaitu dari *bacth* ke kontinyu. Akibat perbedaan sistem tersebut terjadi *shock loading* pada sistem pengolahan yang ada didalam reaktor. Namun setelah bakteri dapat beradaptasi penurunan COD akan stabil kembali.

Produksi Listrik

Produksi listrik ini dilihat berdasarkan besarnya tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh masing-masing reaktor kemudian dikalkulasikan menjadi *power density*. Kuat arus dan tegangan berasal dari aktivitas bakteri didalam anoda *chamber* yang menghasilkan elektron dan elektron yang dihasilkan itu dialirkan oleh elektroda menuju katoda *chamber* melalui rangkaian yang ada.

Kuat arus (I) dan tegangan (V) dikonversikan menjadi *power density* (mW/m²) berdasarkan persamaan ($P = IV/A$, dimana I(mA) adalah kuat arus, V adalah tegangan dan A(m²) luas area dari anoda. *Current density* (mA/m²) dapat dihitung dengan membagi kuat arus (mA) dengan *surface area* dari anoda. (Obasi *et al.*, 2013).



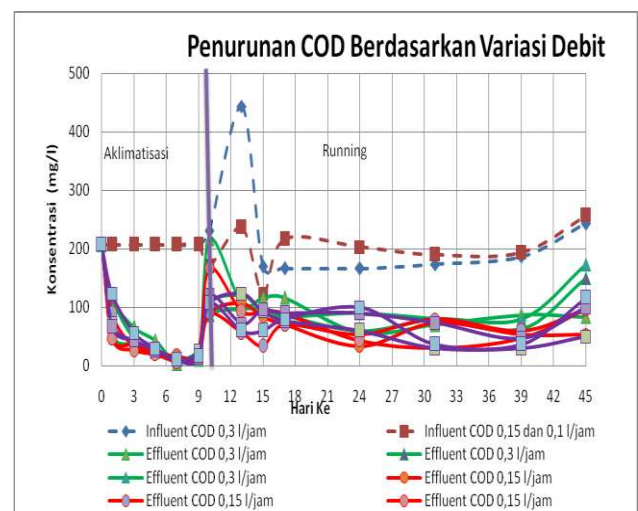
Gambar 5 Power Density
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai *power density* yang paling besar terjadi pada reaktor 1 terjadi pada hari ke 24 sebesar 43 mW/m². Reaktor ini menggunakan debit 0,3 l/jam, menurut Baikun Li (2011) bahwa konsentrasi COD yang rendah akan menghasilkan produksi listrik yang rendah, produksi listrik akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi COD yang masuk. Pengaruh debit sangat mempengaruhi dalam performa sistem sel bahan bakar mikroba. Hal ini dikarenakan, Dengan meningkatnya laju aliran, lapisan batas atas permukaan elektroda menjadi lebih tipis dan dengan demikian transfer massa ke elektroda akan meningkat sehingga mengakibatkan resistensi internal yang lebih rendah dan output daya tinggi (Zhu et al., 2011). Penjelasan lain dari penelitian yang dilakukan oleh (Di Lorenzo et al., 2009 dalam Zhu et al., 2011) yang menyatakan bahwa naiknya energi berasal dari peningkatan aktivitas elektrokimia dari bakteri dengan peningkatan laju aliran.

Pada reaktor 4 dan 5 didapatkan data dimana nilai dari tegangannya bernilai negatif yaitu mencapai -50 mV. Hal seperti ini terjadi pula pada penelitian Yanzhen Fan (2010) dimana nilai tegangan mencapai sekitar -150 mV. Hal ini disebabkan oleh kemampuan katoda yang kinerjanya terus menurun, penurunan kinerja

dari katoda ini juga disebabkan karena adanya karat dikatoda.

C. Pembahasan Tahap Running. Pengaruh Variasi Debit Terhadap Penurunan COD



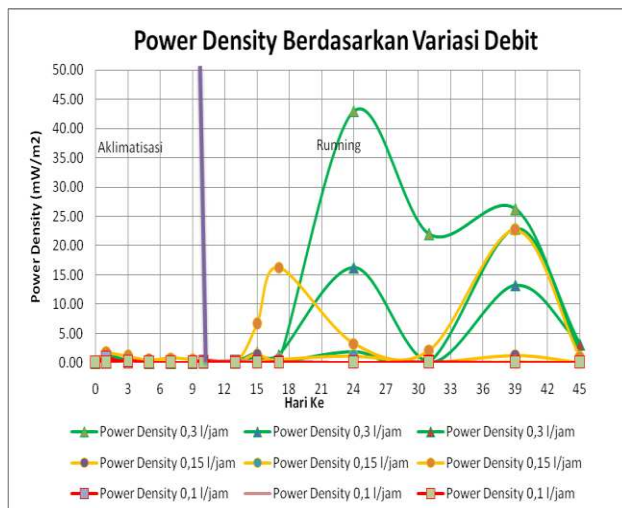
Gambar 6 Overlay Penurunan COD
Berdasarkan Variasi Debit
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Grafik di atas menunjukkan bagaimana ketiga variasi debit bekerja terhadap penurunan COD. Dari grafik diatas terdapat perbedaan

bentuk dari grafik dikarenakan pengaruh dari setiap debit terhadap penurunan COD berbeda. Debit 0,3 l/jam memiliki kestabilan yang lebih bagus dari semua variasi debit yang lain walau memang dihari ke-35 terjadi kenaikan sama seperti yang lain. Untuk debit 0,15 l/jam penurunan COD setelah bakteri stabil dari *shock loading* terus mengalami penurunan sampai hari ke-21, setelah itu *effluent* naik kembali, walau secara persentase masih bagus. Sedangkan debit 0,1 l/jam terjadi sedikit fluktuasi, meskipun demikian *effluent* nya masih bagus bahkan dari keseluruhan debit yang digunakan *effluent* paling bagus terdapat pada debit ini yaitu pada hari ke-21 dan 28 sebesar 30 mg/l.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai efisiensi reduksi COD semakin meningkat seiring dengan semakin lama waktu tinggal. Angka penurunan terbesar ditunjukkan oleh debit 0,1 l/jam yaitu dengan waktu tinggal 30 jam. Hal ini sesuai dengan penelitian Baikun Li (2011) dimana pada penelitian tersebut digunakan variasi td yaitu 5 jam, 10 jam, dan 20 jam, hasil dari penelitian tersebut yang paling bagus adalah ketika td 20 jam. Hal ini dikarenakan semakin rendah laju alir maka proses biodegradasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air limbah berlangsung baik, karena antara mikroorganisme dalam limbah berlangsung cukup lama (Nugrahini, 2008).

Terhadap Produksi Listrik



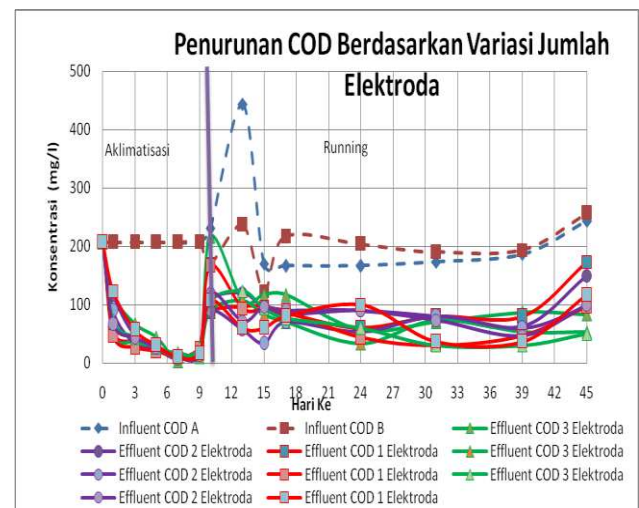
Gambar 7 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Debit

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Selain mempengaruhi penurunan COD variasi debit juga mempengaruhi produksi listrik dari reaktor microbial fuel cells (MFCs). Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa terjadi fluktuasi yang cukup besar dari produksi listrik yang dihasilkan dari semua variasi debit yang digunakan. Produksi listrik untuk debit 0,3 l/jam dilihat dari hasil penelitian yang sudah dilakukan merupakan yang paling baik dari semua debit yang digunakan dimana variasi debit ini menghasilkan produksi listrik sebesar 43 mW/m² pada hari ke-24. Pada debit 0,15 l/jam ini terdapat suatu keganjilan dimana nilai produksi listrik yang dihasilkan rendah, salah satu hal yang menyebabkannya adalah kemampuan katoda yang kinerjanya terus menurun (Yanzhen Fan, 2010). Sedangkan untuk debit 0,1 l/jam produksi listrik yang dihasilkan tidak terlalu besar paling besar hanya sebesar 0,37 mW/m². Setelah hari ke 39 produksi listrik menurun hal tersebut dikarenakan jembatan garam yang sudah mulai jenuh. Hal ini sama dengan penelitian Akuma *et al* (2013) dimana *power density*nya menurun setelah hari ke 19 Sebagai mana fungsi dari jembatan garam adalah untuk menyebrangkan H⁺ yang dihasilkan dalam kompartemen anoda ke kompartemen katoda. Hal tersebut ditandai dengan turunnya pH pada semua reaktor.

Pengaruh Variasi Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan COD

Terhadap Penurunan COD



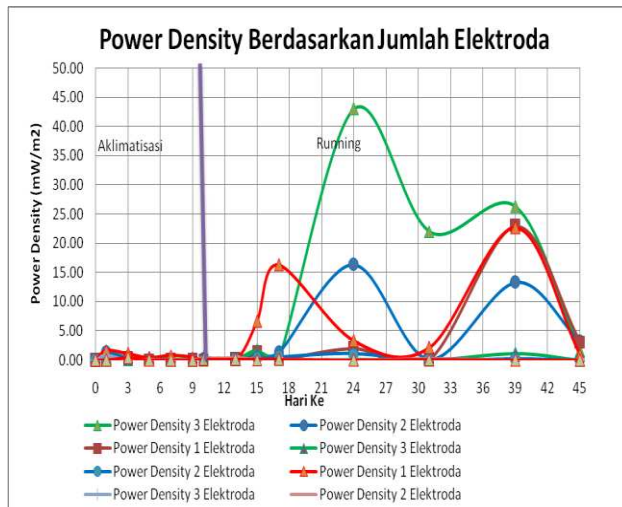
Gambar 8 Overlay Penurunan COD Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa jumlah elektroda 3 menghasilkan

penurunan COD paling baik yaitu sebesar 30 mg/l. Sebagaimana menurut Said (2002) bahwa luas permukaan yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri merupakan indikator dari kapasitas untuk menghilangkan polutan. Jadi semakin besar surface area maka akan banyak bakteri yang melekat disana sehingga pengolahan yang terjadi akan semakin baik.

Terhadap Produksi Listrik



Gambar 9 Overlay Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Jumlah Elektroda
Sumber: Hasil Analisis, 2013

Berdasarkan hasil penelitian, nilai produksi listrik terbesar didapat oleh variasi jumlah elektroda dengan jumlah 3, hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah elektroda maka surface area semakin besar dan bakteri akan semakin banyak menempel disana, sesuai dengan Padma (2012) dimana salah satu faktor yang mempengaruhi elektroda adalah besarnya surface area. Selain itu, sesuai dengan yang dikemukakan oleh Kim (2008) yaitu untuk mencapai kinerja MFCs yang lebih baik, material anoda harus memiliki surface area yang besar. Setelah hari ke 39 produksi listrik menurun hal tersebut dikarenakan jembatan garam yang sudah mulai jenuh. Hal ini sama dengan

penelitian Akuma *et al* (2013) dimana *power density*nya menurun setelah hari ke 19 Sebagai mana fungsi dari jembatan garam adalah untuk menyebrangkan H^+ yang dihasilkan dalam kompartemen anoda ke kompartemen katoda. Hal tersebut ditandai dengan turunnya pH pada semua reaktor.

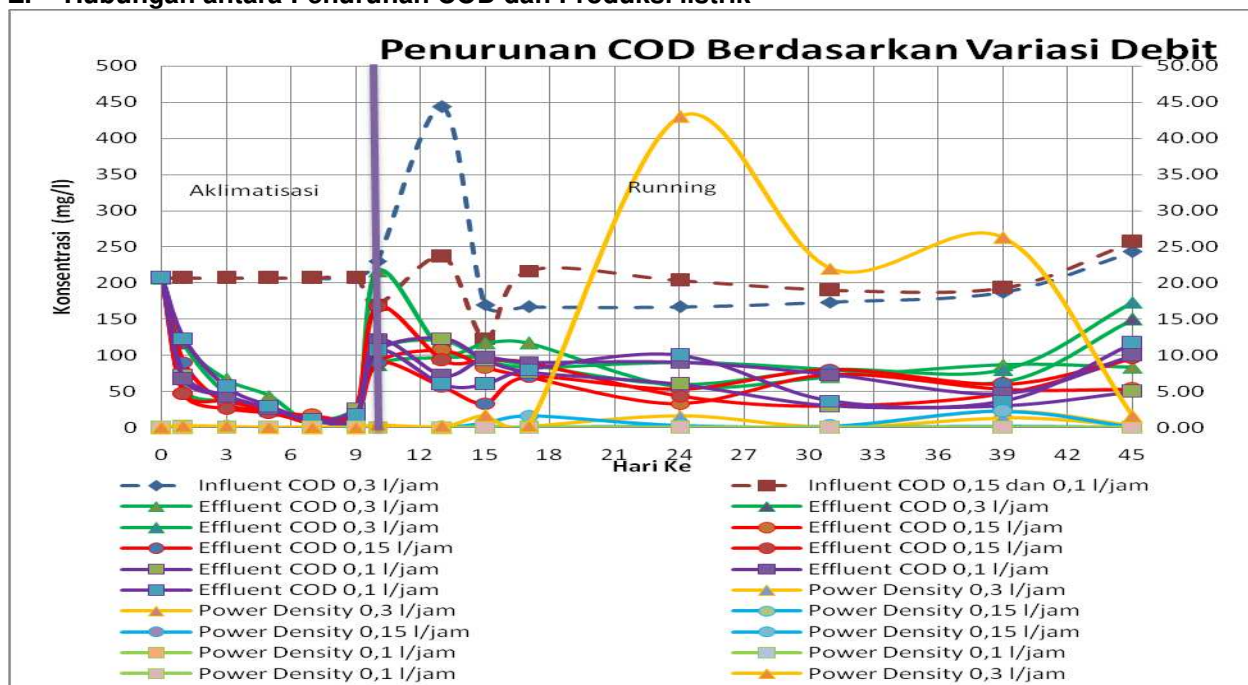
D. Hubungan Antara Variasi Debit Dan Jumlah Elektroda Terhadap Penurunan COD Dan Produksi Listrik

Berdasarkan hasil dari analisis, penurunan COD dan produksi listrik dipengaruhi oleh debit, debit yang kecil menghasilkan penurunan COD yang tinggi. Menurut Baikun Li (2011) bahwa konsentrasi COD yang rendah akan menghasilkan produksi listrik yang rendah, produksi listrik akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi COD yang masuk.

Hubungan jumlah elektroda terhadap penurunan COD dan produksi listrik adalah jumlah elektroda yang paling banyak menghasilkan penurunan COD paling baik karena memiliki surface area yang paling besar. Berbanding lurus dengan penurunan COD, produksi listrik pun akan didapatkan maksimal dengan jumlah elektroda yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Said (2002) bahwa luas permukaan yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri merupakan indikator dari kapasitas untuk menghilangkan polutan. Jadi semakin besar surface area maka akan banyak bakteri yang melekat disana sehingga pengolahan yang terjadi akan semakin baik.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, apabila ingin penurunan COD yang tinggi maka menggunakan debit yang rendah akan tetapi produksi listrik yang dihasilkan akan rendah walaupun menggunakan elektroda dengan surface area yang tinggi Sedangkan apabila menginginkan produksi listrik yang besar lebih baik menggunakan debit yang besar walau nantinya penurunan COD nya tidak sebaik apabila menggunakan debit yang rendah, meski demikian nilai effluent COD nya masih memenuhi baku mutu.

E. Hubungan antara Penurunan COD dan Produksi listrik



Gambar 10 Overlay Penurunan COD dan Produksi Listrik Berdasarkan Variasi Debit

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Penurunan COD yang terjadi di reaktor MFCs dikarenakan oleh aktivitas dari mikroorganisme, efek dari aktivitas itu adalah terbentuknya elektron yang akhirnya terukur sebagai produksi listrik. Berdasarkan hal tersebut seharusnya terdapat hubungan antara penurunan COD dan produksi listrik didalam reaktor *microbial fuel cells* ini. Penurunan COD akan menyebabkan produksi listrik menurun karena tingkat kandungan organik yang akan di proses dalam kompartemen anoda akan berkurang dan menyebabkan produksi listrik mengalami penurunan. Hal ini sesuai dalam penelitian Del Campo *et al.*, (2012) yang menyatakan bahwa dalam konsentrasi COD yang tinggi mikroorganisme mensintesis lebih enzyme dengan mempertahankan kemampuan menghilangkan COD dalam dalam beberapa waktu, oleh karena itu mikroorganisme mampu menurunkan COD pada tingkat konsentrasi tinggi sehingga meningkatkan intensitas maksimum yang dihasilkan dari sistem *Microbial Fuel Cells* itu sendiri.

Menurut Baikun Li (2011) konsentrasi COD yang rendah menghasilkan produksi listrik yang rendah juga, sedangkan konsentrasi COD yang tinggi akan menghasilkan produksi listrik yang tinggi. Pada penelitian ini hal tersebut terjadi meskipun ada saat dimana ketika penurunan COD tinggi atau baik akan tetapi

produksi listriknya kecil. Hal yang mempengaruhi hal tersebut yaitu *internal* resisten dan pH.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan COD berpengaruh terhadap produksi listrik yang terbentuk karena dengan penurunan COD yang tinggi maka aktivitas bakteri akan semakin banyak dan akan terbentuk banyak elektron yang akan dialirkan sehingga membentuk listrik

Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukan bahwa variasi debit 0,1 l/jam merupakan yang debit yang paling optimum untuk penurunan COD sedangkan untuk produksi listrik debit yang paling baik adalah 0,3 l/jam. Untuk variasi jumlah elektroda yang paling optimum adalah elektroda dengan jumlah 3 baik untuk penurunan COD maupun produksi listrik. Untuk secara keseluruhan reaktor dengan variasi debit 0,3 l/jam dan jumlah elektroda 3 merupakan yang paling optimum untuk penurunan COD dan produksi listriknya.
2. Terdapat hubungan antara penurunan COD dan produksi listrik, semakin besar penurunan COD nya maka produksi listrik yang dihasilkan semakin tinggi, akan tetapi ada beberapa hal yang mempengaruhi

produksi listrik diantaranya adalah pH dan internal resisten.

Daftar Pustaka

- Baikun Li, Karl Scheible, and Micheal Curtis. 2011. *Electricity Generation From Anaerobic Wastewater Treatment In Microbial Fuel Cells*. Water Environment Research Foundation. Now York State Energi Research And Development Authority.
- Darmayanti (2002) dalam Yazid, FR., Syafrudin, dan Ganjar Samudro. 2012. *Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Debit Pada Pengolahan Air Artifisial (Campuran Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB*. Jurnal Presipitasi. Vol. 9 No.1 Maret 2012. ISSN 1907-187X
- Del Campo, A.Ghonzales. J.Loboto. P.Canizares.M.A.Rodrigo.F.J.Fernandez Morales. 2012. *Short-term effects of temperature and COD in a Microbial Fuel Cells*. Applied energy xxx (2012)
- Fan, Yanzhen, dan Hong Liu. 2010. Developing a Novel Membrane to Increase the Performance of Single Chamber Microbial Fuel Cells. SBI Internship
- Kim, In, S., Kyu Jung choe, Mi-Jin Choi dan Willy Verstroeele. 2008. *Microbial Fuel Cells. Recent Advance, Bacterial Communities & Aplication Beyond Elektricity Generation*. Korean society of environmental engineers.
- Nugrahini (2008) dalam Yazid, FR., Syafrudin, dan Ganjar Samudro. 2012. *Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Debit Pada Pengolahan Air Artifisial (Campuran Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB*. Jurnal Presipitasi. Vol. 9 No.1 Maret 2012. ISSN 1907-187X
- Padma, Songudon dan Dirk B. Hays. 2012. *Topic Paper #13, Microbial Fuel Cells*. Nation Petroleum Courcil.
- Said, N I dan A. Herlambang. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Zhang, Yifeng, 2012. *Energy Recovery From Waste Streams With Microbial Fuel Cell (MFC)-Based Technologies*. Ph.D Thesis. Technical University of Denmark